

538,159

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional(43) Fecha de publicación internacional
8 de Julio de 2004 (08.07.2004)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2004/057773 A1(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: **H04B 7/005**(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2003/000630(22) Fecha de presentación internacional:
12 de Diciembre de 2003 (12.12.2003)

(25) Idioma de presentación: español

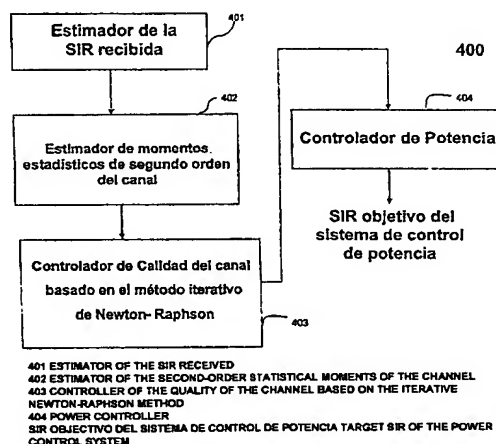
(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P200202947
20 de Diciembre de 2002 (20.12.2002) ES(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
T.O.P. OPTIMIZED TECHNOLOGIES, S.L. [ES/ES];
Avda. Valdemarín 98, 1ªA, E-28023 Madrid (ES).

(72) Inventor; e

(75) Inventor/Solicitante (para US solamente): **LOPEZ
MEDRANO, Alvaro** [ES/ES]; Avda. Valdemarín 98, 1ªA,
E-28023 Madrid (ES).(74) Mandatario: **CARPINTERO LÓPEZ, Francisco**; Her-
rero & Asociados, S.L., Alcalá, 35, E-28014 Madrid (ES).(81) Estados designados (nacional): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN,
CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR THE OUTER LOOP OF THE POWER CONTROL SYSTEM OF A MOBILE
COMMUNICATION SYSTEM(54) Título: MÉTODO Y APARATO PARA EL LAZO EXTERNO DEL SISTEMA DE CONTROL DE POTENCIA DE UN SIS-
TEMA DE COMUNICACIONES MÓVILES

(57) Abstract: The invention relates to a method and apparatus for the outer loop of the power control system of a mobile communication system, which form a cellular infrastructure and which can be used to meet a quality-of-service (QoS) specification determined with the minimum level of power necessary. The inventive outer loop is used to fix the desired signal-to-interference target ratio, SIR_{tgt}, which meets the quality-of-service specification required in a radio environment that is characterised using stochastic models. The inventive method consists in applying the iterative Newton-Raphson method to numerical approximations of the different cut-off probability distribution functions (QoS) in different propagation environments. In this way, once said probability has been fixed and the second-order statistical moments specific to each statistic considered have been estimated dynamically, the margin on the median SIR is obtained as well as the SIR_{tgt} corresponding to said cut-off probability.

(57) Resumen: Método y aparato para el lazo externo del sistema de control de potencia de un sistema de comunicaciones móviles es una infraestructura celular que permiten satisfacer una calidad de servicio (QoS) determinada con el nivel mínimo de potencia necesario. Este lazo externo es el encargado de fijar la relación señal deseada-interferencia objetivo SIR_{tgt} que satisface la calidad de servicio requerida

[Continúa en la página siguiente]

WO 2004/057773 A1



KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) Estados designados (*regional*): patente ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), patente euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), patente OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- con informe de búsqueda internacional
- antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

en un entorno radioeléctrico caracterizado mediante modelos estocásticos. El método que se propone se basa en la aplicación del método iterativo de Newton-Raphson sobre unas aproximaciones numéricas de las distintas funciones de distribución de probabilidad de corte (QoS) en diferentes entornos de propagación, de modo que, fijada dicha probabilidad y estimados dinámicamente los momentos estadísticos de segundo orden propios de cada estadística considerada, se obtiene el margen sobre la mediana de la SIR, y pr tanto la SIR_{igt}, correspondiente a esa probabilidad de corte.

**MÉTODO Y APARATO PARA EL LAZO EXTERNO DEL SISTEMA DE
CONTROL DE POTENCIA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES
MÓVILES**

5 **CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

10 Esta invención se refiere al campo de las comunicaciones
sin cable, y más concretamente, al lazo externo del
sistema de control de potencia de una red de telefonía
celular.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 En Enero de 1998 el Instituto Europeo de Estándares de
Telecomunicaciones (ETSI) seleccionó la tecnología básica
para el Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles
(UMTS) (véase ETSI, "The ETSI UMTS Terrestrial Radio
Access (UTRA) ITU-R RTT Candidate Submission", June
20 1998). El principal interfaz de radio propuesto fue el
WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access, es decir,
Acceso Múltiple por División de Código en Banda Ancha)
cuyas características ofrecen la oportunidad de satisfacer
completamente los requisitos de la telefonía móvil de
tercera generación (3G). Debido a la alta tasa de
25 transmisión de datos y a los más exigentes requisitos de
calidad de servicio (QoS) en 3G, se impone el desarrollo
de nuevas estrategias de planificación. Entre ellas
probablemente la de mayor objeto de estudio es la del
sistema de control de potencia, en particular la del
30 método empleado para implementar el lazo externo de dicho
sistema.

A continuación se describe el mencionado sistema de
control de potencia de un modo general pues la

funcionalidad del lazo externo, que es para el que esta invención propone un método, es consecuencia de otros componentes del sistema:

5 El sistema de control de potencia en redes celulares, basadas en WCDMA, es necesario dado que se trata de una tecnología limitada por interferencia debido a que todos los usuarios comparten el mismo espectro de frecuencia y sus códigos no son completamente ortogonales (véase Holma & Toskala: "WCDMA por UMTS, Radio Access for Third
10 Generation Mobile Communications", John Wiley & Sons.). El fin último del sistema de control de potencia en sistemas WCDMA es alcanzar la calidad de servicio requerida en un enlace particular (ascendente o
15 descendente) con un nivel de potencia transmitida mínima y es precisamente en este aspecto en el que se centra esta invención.

• Anulación del efecto cerca - lejos: en el caso de que todas las estaciones móviles transmitieran la misma
20 potencia sin tener en cuenta la distancia o el desvanecimiento a la estación base, los móviles más cercanos a la misma supondrían una interferencia significativa para los más lejanos.

• Protección contra desvanecimientos profundos.
25 • Minimización de la interferencia en la red con la consecuente mejora en capacidad.
• Mayor duración de la batería de las estaciones móviles.

30 Un sistema de control de potencia para WCDMA está implementado mediante tres lazos diferenciados:

• Lazo abierto: durante el proceso de acceso aleatorio al principio de una conexión, la estación base/móvil estima la pérdida de potencia en el enlace

ascendente/descendente y en función de ella ajusta su potencia de transmisión.

• Lazo cerrado o interno: también llamado control de potencia rápido (1500 Hz) que se compone de los siguientes tres pasos:

• El terminal receptor correspondiente (la estación base o la unidad móvil) compara el valor de la relación señal deseada-interferencia recibida SIR_{rec} con la relación señal deseada-interferencia objetivo SIR_{tgt} que depende de la calidad de servicio requerida para ese enlace en concreto y que es fijado por el lazo externo que se describe más adelante.

• El mismo terminal receptor envía bits de control de potencia indicando que la potencia de transmisión debe ser incrementada (si $SIR_{rec} < SIR_{tgt}$) o disminuída (si $SIR_{rec} > SIR_{tgt}$) en un cierto valor (normalmente 1dB).

• La unidad transmisora aumenta o disminuye su potencia en la cantidad fijada anteriormente.

• Lazo externo: es mucho más lento que el lazo cerrado (10-100Hz) y establece la relación señal deseada-interferencia objetivo SIR_{tgt} que hace que se mantenga un objetivo de calidad predeterminado. Una medida de la calidad de un enlace es la tasa de trama errónea (FER) que es función de la relación señal deseada-interferencia SIR. Dado que el lazo interno ayuda a mantener la SIR cerca del objetivo SIR_{tgt} , la FER es, en última instancia, determinada por este valor objetivo. De este modo, para alcanzar una calidad de servicio en un entorno de desvanecimiento determinado, el objetivo SIR_{tgt} necesita ser ajustado al valor que es apropiado para ese entorno.

Desgraciadamente, no existe un objetivo SIR_{tgt} que pueda alcanzar la FER requerida para todos los entornos de desvanecimiento. Es por esto por lo que el ajuste de esta

relación objetivo es hoy en día motivo de estudio y se han descrito mecanismos para ajustar la SIR_{tgt} en forma correspondiente. Estos diseños miden la FER y cambian la SIR_{tgt} dependiendo de si aquélla está por encima o por debajo del umbral deseado. De todos modos, teniendo en cuenta que la técnica de medición de la FER es bastante lenta (alrededor de 2 segundos), las prestaciones de estos sistemas quedan muy deterioradas en entornos dinámicos con características de desvanecimiento cambiantes en muy cortos plazos de tiempo.

Así, con el propósito de aumentar la velocidad del lazo externo, la solicitud de patente titulada ``Symbol Error Based Power Control For Mobile Telecommunications System'' (Carl Weaver, Wei Peng), Ser.No. 08/346800, fechada el 30 de Noviembre de 1994, describe una técnica basada en el error de símbolo (SE) que mejora el rendimiento del lazo en ambientes de desvanecimiento dinámicos. El procedimiento está basado en la premisa de que la tasa de símbolo erróneo (SER) y la FER están altamente correladas, de este modo trata de mantener la SER próxima a un valor predeterminado de SER objetivo. Esto se consigue al igual que antes mediante incrementos o decrementos de la SIR_{tgt} .

Kirian M.Rege, en su patente US 6,434,124 B1, fechada el 13 de Agosto de 2002, expone que la mencionada correlación entre la SER y la FER varía de unos entornos radioeléctricos a otros y que por tanto la técnica anterior, basada en una SER objetivo fija, no puede mantener la FER cercana al objetivo en estos diferentes entornos. Por tanto, concluye, que para alcanzar la deseada FER bajo diferentes condiciones radioeléctricas se necesitan diferentes SER objetivos y propone una técnica basada en la cuenta de error de símbolo que

asegura la FER deseada bajo diferentes condiciones de desvanecimiento.

Por otro lado, Jonas Blom, Fredrik Gunnarson y Fedrik Gustafsson en su patente US6449462, fechada el 10 de Septiembre de 2002, establecen un método para controlar la SIR_{tgt} basado también en la medición de la FER y en la estimación de unos determinados parámetros representativos de las diferentes condiciones del canal radioeléctrico y de la distribución estadística de las señales interferentes. El método se basa en la determinación de una función de calidad definida como la probabilidad de trama errónea condicionada por los mencionados parámetros. Aunque esta estrategia implica ganancias de capacidad del orden del 30%, el proceso para la obtención de mencionada función de calidad impone un retardo que como ya se ha indicado deteriora las prestaciones de este tipo de modelos; por otro lado en el artículo de los mismos autores en el que se describe la invención con mayor detalle técnico: "Estimation and Outer Loop Power Control in Cellular Radio Systems" presentado a ACM Wireless Networks, se indica que el sistema puede degradarse debido a desvanecimientos en el canal radioeléctrico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

El método y el aparato para el lazo externo del sistema de control de potencia de un sistema de comunicaciones móviles que se proponen permiten determinar el margen de desvanecimiento de la relación señal deseada-interferencia ($M_{(SII)} (dB)$), y por tanto la SIR_{tgt} para un criterio de calidad de servicio dado por la probabilidad de corte (P_{corte}) y unos momentos estadísticos característicos del canal radioeléctrico bajo

consideración. Así se satisface la mencionada QoS con el nivel mínimo de potencia necesario, lo cual, dado que se trata de una tecnología limitada por interferencia, hace que se optimice también la capacidad del sistema.

5 Como ya se ha indicado, el criterio de calidad sobre el que trabaja esta invención es, en vez de la FER como en los anteriores casos, la probabilidad de corte (P_{corte}) que es otro de los parámetros de calidad habitualmente utilizados en infraestructuras celulares. El valor de P_{corte} queda habitualmente establecido en la fase de
10 planificación de la red celular y es función entre otros parámetros de:

Las características de la celda correspondiente, de la zona dentro de la misma y de la clase de servicio
15 cubierto por el enlace.

A continuación se describen los fundamentos teóricos en los que se basa la presente invención: la propagación de las ondas radioeléctricas tiene lugar a través de un
20 medio que experimenta variaciones aleatorias en sus características físicas, las cuales afectan a la intensidad de campo de la señal, por los que los valores de campo presentan variaciones tanto a lo largo de puntos equidistantes del transmisor (variaciones con
25 ubicaciones) como en el tiempo (variaciones temporales). Las variaciones de campo se describen mediante diferentes distribuciones estadísticas dependiendo de las características del enlace.

30 Así, es posible obtener la probabilidad de corte (P_{corte}) de una comunicación para un margen dado sobre la mediana de la SIR_{rec} y para unos momentos estadísticos dados, mediante la integración de la función densidad de probabilidad (fdp) resultante de combinar las respectivas
35 fdp de las señales deseada e interferentes. El caso más

usual es que la integral mencionada no sea expresable mediante funciones elementales por lo que hay que recurrir al uso de métodos numéricos.

5 Esta invención resuelve el proceso inverso al descrito en el anterior párrafo para aplicarlo a la obtención de la relación señal deseada-interferencia objetivo SIR_{tgt} del lazo externo en un sistema de control de potencia para WCDMA. Así, partiendo de aproximaciones numéricas de
10 las estadísticas que describen la variación de la SIR en un entorno determinado, se aplica un método iterativo de modo que es posible obtener el margen sobre la mediana de la SIR necesario para cumplir la especificación de probabilidad de corte (QoS) para ese enlace determinado y
15 para unos valores de los momentos estadísticos de segundo orden (por ejemplo la desviación típica) que son estimados dinámicamente y que por tanto son consecuentes con las diferentes condiciones de desvanecimiento que caracterizan a un entorno en un momento determinado.
20 Nótese que el método descrito está basado en un modelo estocástico de propagación y por tanto no pretende estimar el valor de la relación señal deseada-interferencia (SIR) necesaria para cumplir una calidad de servicio (QoS), sino que pretende dar el valor del margen necesario ($M_{(SII)}$ (dB)) sobre la mediana de su función
25 densidad de probabilidad.

Como resultado, esta invención proporciona un método riguroso matemáticamente para mantener la calidad de
30 servicio (QoS) de un enlace particular y capaz de responder a constantes variaciones estadísticas del canal radioeléctrico en contraposición a las técnicas anteriormente citadas basadas en la mediación de la FER.

35 Descripción Detallada

Dado que la presente invención está basada en modelos estocásticos que intentan describir la variación de la señal radiolétrica en determinados entornos y que pretende ser aplicada a sistemas reales, dichos modelos deberán ser lo más exactos posibles aún a costa de una mayor complejidad matemática.

A continuación se presentan, de forma razonada, las estadísticas consideradas tanto para la señal deseada como para las interferentes bajo distintos entornos radioelétricos.

Estadísticas de la señal deseada:

La presente invención es aplicable a canales macro o microcelulares en entornos rurales, suburbanos y urbanos. En un entorno de microcélulas urbanas la variación estadística de la intensidad de señal deseada se describe de un modo u otro dependiendo de la existencia o no de rayo directo entre el emisor y el receptor, así tenemos comunicaciones LOS (Line Of Sight, es decir, Línea de Vista) para el primer caso y NLOS (Non Line Of Sight, es decir, Sin Línea de Vista) para el segundo. A continuación se describen las distribuciones estadísticas que modelan ambas situaciones:

NLOS (Non Line Of Sight)

Siguiendo el modelo de Suzuki (véase F.Hansen, F.L. Meno, "Mobile Fading-Rayleigh and Lognormal Superimposed", IEEE Trans. On Vehicular Tech., vol. 26, no.4, pp. 332-335, Nov. 1977) se describe la envolvente de la señal con una distribución Rayleigh-Lognormal.

En este caso se tienen en cuenta las fluctuaciones de los valores del campo tanto a lo largo de puntos

equidistantes del transmisor (variaciones con ubicaciones) que siguen una ley lognormal y variaciones en tiempo y en un mismo punto resultante de la propagación multitrayecto descritas a través de una distribución Rayleigh. Dependiendo del tipo de desvanecimiento que provocan en la señal se habla de desvanecimiento lento o shadowing para la variación con ubicaciones y de desvanecimiento rápido o Rayleigh cuando la causa es la propagación multitrayecto.

Las imperfecciones del control de potencia provocan en la señal deseada una modulación que puede ser descrita también con una distribución Lognormal (véase Wai-Man Tam, Francis C. M. Lau "Análisis of Power Control and its Imperfections in CDMA Cellular Systems", IEEE Trans. On Vehicular Tech., vol. 48, no. 5, pp. 1706-1717, Sept. 1999)

LOS (Line Of Sight)

Aquí el modelo sigue una distribución Nakagami-Rice-Lognormal (véase G.E. Corazza, F. Vatalaro, "A Rice-Lognormal Terrestrial and Satellite Channel Model", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 43, no. 3, pp 738-742, 1994). La justificación de la distribución anterior es la siguiente: la descripción estadística de las variaciones de una señal constituida por una componente determinística (rayo directo) y varias componentes aleatorias resulta en una distribución de Nakagami-Rice. La componente lognormal aparece como representación de los efectos del desvanecimiento lento o shadowing que puedan tener lugar en la comunicación, así como al ya mencionado efecto de las imperfecciones del control de potencia.

Es preciso destacar que una variable aleatoria medida en watos W que sigue una distribución lognormal, al expresarla en dBW aplicándole la función $10\log(x)$, sigue una distribución Gaussiana. Esta propiedad es aplicada con frecuencia en los desarrollos que siguen y es por ello que es señalada en este punto.

Estadísticas de las señales interferentes:

En WCDMA un número de usuarios interferentes transmiten simultáneamente dentro de la misma célula (intracelulares) o en células adyacentes (intercelulares), así aplicando el Teorema del Límite Central la variable aleatoria resultante de la suma de todas estas componentes es de tipo Gaussiano (véase A.M.Viterbi, A.J. Viterbi, E. Zehavi, "Other-cell interference in Cellular Power-Controlled CDMA", IEEE Trans. On Communications, Vol. 42, No. 2/3/4, pp. 1501-1504, February/March/April 1994). El ruido de tipo térmico y el producido por la actividad humana normalmente son despreciables comparados con el producido por las mencionadas señales interferentes.

Función distribución de probabilidad de la SIR:

La SIR viene dada por la siguiente expresión:

$$S/I \text{ (dB)} = S \text{ (dBm)} - I \text{ (dBm)}$$

Nota: la medida en dBm resulta de aplicar la función $10\log(x)$ a una medida en mW .

Donde S e I son valores de potencia de las señales deseada e interferente respectivamente. El margen respecto a la mediana de la distribución, que es en

función del cual se calcula la probabilidad de corte, vendrá dado por:

$$M_{(SII)} \text{ (dB)} = -S/I \text{ (dB)}$$

5

Teniendo en cuenta lo anterior la función densidad de probabilidad (fdp) de la SIR vendrá dada por la convolución de las fdp's de las señales deseada e interferente, así tenemos la siguiente expresión en

10

$$f_{S/I}(M_{(SII)}) = \int_{-\infty}^{\infty} f_S(M_{S/I} - u) f_I(u) du$$

15

Y para la función de distribución, que nos da la probabilidad de corte para un margen $M_{(SII)0}$ determinado, nos queda:

20

$$F_{S/I}(M_{(SII)0}) = \int_{-\infty}^{M_{(SII)0}} \int_{-\infty}^{\infty} f_S(M_{(SII)} - u) f_I(u) du dM_{(SII)}$$

25

En la expresión anterior, intercambiando el orden de integración, se observa que se obtiene la función de distribución de la señal deseada, pues se integra su función densidad de probabilidad:

$$F_S(S_0) = \int_{-\infty}^{S_0} f_S(S_0) dS \quad (1)$$

30

Donde F_S es la mencionada función de distribución de la variable aleatoria S , que es la correspondiente a la señal deseada, es decir, según lo señalado anteriormente será una Nakagami-Rice-Lognormal o Rayleigh-Lognormal dependiendo de si existe o no rayo directo entre el

emisor y el receptor. La integral de la ecuación (1) no es expresable mediante funciones elementales para ninguno de los dos casos anteriores y tiene que ser evaluada con métodos numéricos.

Finalmente nos queda la siguiente expresión para la probabilidad de corte dado un margen de la relación señal deseada-interferencia SIR:

$$F_s(M_{(s/r)_b}) = \int_{-\infty}^{\infty} F_s(M_{(s/r)_b} - u) f_1(u) du \quad (2)$$

Así pues el objetivo es evaluar la expresión de la ecuación (2) para los casos NLOS y LOS, para lo cual se sustituirán las aproximaciones numéricas arriba comentadas para F_s y donde f_1 es la función densidad de probabilidad de las señales interferentes que como ya ha sido comentado es una Gaussiana dada por la expresión:

$$f_1(I) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_I} \exp\left[-\frac{I^2}{2\sigma_I^2}\right]$$

Donde σ_I es la desviación típica en dB de la distribución normal y como se verá más adelante es uno de los parámetros que es estimado dinámicamente para evaluar las variaciones estadísticas del canal.

Aproximaciones numéricas de las distribuciones de la señal deseada:

Rayleigh-Lognormal (modelo de Suzuki)

Esta función distribución de probabilidad viene dada por la siguiente expresión:

$$F_{K-LN}(p) = \frac{10}{\ln(10)\sqrt{2\pi}\sigma_N} \int_0^p \frac{1}{\bar{p}} \exp\left(-\frac{p}{\bar{p}}\right) \exp\left[-\frac{\left(\frac{\bar{p}}{\bar{p}}\right)^2}{0.02(\ln^2 10)\sigma_N^2}\right] d\bar{p}$$

5

Donde p es la media local correspondiente a las variaciones temporales Rayleigh y \bar{p} es la media sectorial correspondiente a las variaciones con ubicaciones lognormal. La desviación típica de esta misma componente es σ_N (dB) y es también otro de los parámetros que es estimado para atender a las condiciones de desvanecimiento cambiantes del canal radioléctrico. Como era de esperar el σ_N es igual a cero, la distribución degenera en una Rayleigh.

15

En este caso el margen en dB queda definido por la expresión:

20

$$M_0(\text{dB}) = 10 \log \frac{\bar{\bar{p}}}{\bar{p}}$$

El margen en unidades naturales es:

25

$$m_0 = 10^{\frac{M_0}{10}}$$

30

Para expresar la integral anterior en función del margen hacemos el siguiente cambio de variable:

$$x = \frac{\bar{\bar{p}}}{\bar{p}}$$

35

Para de este modo obtener:

$$F_{R-LN}(m_0) = \frac{10}{\ln 10 \sqrt{2\pi} \sigma_N} \int_0^\infty \frac{1}{x} \left[1 - \exp\left(-\frac{1/m_0}{x}\right) \right] \exp\left\{-\frac{(\ln x)^2}{0.02(\ln^2 10) \sigma_N^2}\right\} dx$$

Como ya ha sido anticipado, la integral que aparece en la expresión anterior tiene que ser resuelta mediante métodos numéricos. En este caso además aparece una indeterminación en $x=0$, por lo que la fórmula de integración aplicada es abierta para no considerar dicho punto.

De todos modos mediante el cambio de variable:

$$Y = \ln(x)$$

Se evita esta indeterminación y nos queda lo siguiente:

$$F_{R-LN}(m_0) = \frac{10}{\ln 10 \sqrt{2\pi} \sigma_N} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ 1 - \exp\left[-10^{-\frac{m_0}{10}} \exp(-Y)\right] \right\} \exp\left\{-\frac{Y^2}{0.02(\ln^2 10) \sigma_N^2}\right\} dY$$

Queda pues una integral con la función de peso (e^{-Y^2}) y el intervalo de integración $(-\infty, \infty)$ de Gauss-Hermite de modo que aplicamos una fórmula de ese tipo para obtener el resultado deseado.

Tras un análisis del error cometido al compararlo con gráficas existentes (véase Hernando Rábanos José María, "Transmisión por radio", Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. 1993) se observa que el error cometido es menor que 10^{-4} para todos los valores de la probabilidad de corte, para valores de la desviación típica de la componente lognormal menores o iguales a 12dB, y para márgenes menores que 35dB, es decir, valores que incluyen

las condiciones más extremas.

Nakagami-Rice-Lognormal.

5 En este caso tenemos que la señal deseada está constituida por una componente determinística y varias componentes aleatorias. La función densidad de probabilidad resultante es la de Nakagami-Rice:

10

$$p(r) = \frac{r}{b} \exp\left(-\frac{r^2 + c^2}{2b}\right) I_0\left(\frac{c \cdot r}{b}\right) \quad (3)$$

15

Donde:

2b: valor cuadrático medio de la componente aleatoria.

C: valor eficaz de la componente determinística

I_0 : Función de Bessel modificada de primera especie y orden cero.

20

El valor eficaz de la potencia media total de la señal viene dado por $2b + c^2$ que sin pérdida de generalidad se supone normalizada a 1, es decir:

25

$$2b + c^2 = 1$$

de modo que especificando uno de los dos parámetros el otro queda unívocamente determinado.

30

Es habitual también expresar esta distribución en función del llamado factor de Rice K expresado en dB y que viene dado por el cociente entre la componente determinística y la aleatoria, así:

$$K(dB) = 10 \log k = 10 \log \left(\frac{c^2}{2b} \right)$$

5

El factor de Rice es el parámetro estimado para caracterizar el canal dinámicamente como se verá más adelante.

10

El valor cuadrático medio de la componente aleatoria se puede expresar en función del factor de Rice de la siguiente forma:

15

$$2b = \frac{1}{1 + 10^{K(dB)/10}}$$

20

25

30

Para tener en cuenta efectos de desvanecimiento lento (Shadowing), se multiplica la variable aleatoria que describe la situación anterior (Nakagami-Rice) por una variable aleatoria que sigue una distribución Lognormal. Si se trabaja en dB, lo anterior equivale a sumar una componente aleatoria que sigue una distribución Gaussiana o Normal caracterizada por una desviación típica σ_N , con lo que la función densidad de probabilidad resultante será la convolución de la Nakagami-Rice anterior con esta Gaussiana, es decir, que aplicando los mismos principios aplicados para la obtención de ecuación (2) nos queda esa misma expresión, donde ahora la variable aleatoria S es de tipo Nakagami-Rice y la variable aleatoria I que allí representaba la contribución de las señales interferentes ahora es llamada N pues representa el efecto de desvanecimiento lento modelado como una normal, pero siempre de la señal deseada. Entonces, para un margen m_0 dado:

$$F_{NR-LN}(m_0) = \int_{-\infty}^{\infty} F_{NR}(m_0 - u) f_N(u) du \quad (4)$$

F_{NR} según la ecuación (3) vendrá dada por:

$$F_{NR}(r_0) = \int_0^r \frac{r}{b} \exp\left(-\frac{r^2 + c^2}{2b}\right) I_0\left(\frac{c \cdot r}{b}\right) dr \quad (5)$$

El objetivo es obtener una expresión mediante métodos numéricos de integración para después introducirla en la anterior expresión. Así en primer lugar aproximamos la función de Bessel que tiene la siguiente expresión:

$$I_0(\beta) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e^{\beta \cos \theta} d\theta$$

Tras realizar el cambio de variable adecuado para tener unos límites de integración 1 y -1 podemos aplicar una fórmula de Gauss-Legendre y resolver numéricamente la anterior integral.

Una vez introducida la aproximación anterior en la ecuación (5) realizamos otro cambio de variable para volver a tener unos límites de integración 1 y -1 y así poder aplicar de nuevo la fórmula de Gauss-Legendre.

Finalmente la expresión requerida de la función de distribución F_{NR-LN} se obtiene introduciendo en la ecuación (4) la aproximación obtenida para F_{NR} y sustituyendo $f_N(u)$ por la expresión correspondiente a una distribución Gaussiana:

$$f_N(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_N} \exp\left[-\frac{u^2}{2\sigma_N^2}\right]$$

Mediante el cambio de variable adecuado queda una integral con la función de peso (e^{-x^2}) y el intervalo de integración $(-\infty, \infty)$ de Gauss-Hermite de modo que aplicamos una fórmula de se tipo para obtener el resultado deseado.

Al igual que en el caso anterior del modelo de Suzuki, se ha realizado un análisis del error cometido mediante comparación con gráficas existentes (véase Hernando Rébanos José María, "Transmisión por radio", Centro de Estudios Ramón Areces, S.A., 1993) y se ha comprobado que el error cometido es del orden de 10^{-4} para todos los valores del parámetro $2b$ o equivalente del favor de Rice K , del margen M_0 (dB) y para probabilidades de corte en el intervalo de interés, es decir, para valores menores o iguales al 1%.

Aproximaciones numéricas de las funciones distribución de probabilidad de la SIR:

El objetivo es resolver la integral de la ecuación (2) para las dos funciones de distribución de la señal deseada: Rayleigh-Lognormal (F_{R-LN}) y Nakagami-Rice-LogNormal (F_{NR-LN}).

Para el primer caso nos queda:

$$F_{\frac{R-LN}{I}}(M_{(S/I)_0}) = \int_{-\infty}^{\infty} F_{R-LN}(M_{(S/I)_0} - u) f_I(u) du$$

Que resulta ser un problema desde el punto de vista de integración numérica del mismo tipo que el de la ecuación (4) y por tanto se ha aplicado una fórmula de Gauss-Hermite tras el pertinente cambio de variable.

Así nos queda una expresión:

$$F_{R-LN} \left[M_{(S/I)_0} (dB), \sigma_N (dB), \sigma_I (dB) \right] \quad (6)$$

5

10

Que nos da la probabilidad de corte de una comunicación NLOS para un margen dado $M_{(S/I)_0}$ de la relación señal deseada-interferencia y para unos valores de las desviaciones típicas σ_N (correspondiente al desvanecimiento lento o lognormal de la señal deseada) y σ_I (que describe estadísticamente la aportación conjunta de todas las señales interferentes intra e intercelulares).

15

20

Para el caso Nakagami-Rice-Lognormal (LOS) se puede hacer la siguiente observación: la variable aleatoria que modela la componente lognormal de la señal deseada se transforma en Gaussiana (con desviación típica σ_N) y la que describe la distribución estadística de las señales interferentes es también Gaussiana con desviación típica σ_I .

25

30

Las señales deseada e interferentes expresadas en dB se relacionan de una manera lineal en el cálculo de la SIR (se restan) y la variable aleatoria resultante de una combinación lineal de dos Gaussianas estadísticamente independientes (como es el caso) es también Gaussiana con varianza suma de las varianzas individuales en virtud del teorema de la convolución (véase Peyton Z. Peebles, JR.: "Probability, Random Variables, and Random signal principles", MCGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS Electrical Engineering Series, 1987). Así pues tendremos una función densidad de probabilidad normal que llamamos f_{N-I} caracterizada por una desviación típica dada por la

siguiente expresión:

$$\sigma_{N-I}(\text{dB}) = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_I^2}$$

5

Con lo que finalmente la probabilidad de corte para un caso LOS se calcula como:

10

$$F_{\frac{NR-LN}{I}}(M_{(S/I)_0}) = \int_{-\infty}^{\infty} F_{NR}(M_{(S/I)_0} - u) f_{N-I}(u) du$$

Que de nuevo se resuelve numéricamente con una fórmula de cuadratura de Gauss-Hermite.

15

Finalmente queda una expresión que nos da la probabilidad de corte de una comunicación LOS para un margen dado $M_{(S/I)_0}$ de la relación señal deseada-interferencia, un factor de Rice K y para unos valores de las desviaciones típicas σ_N (correspondiente al desvanecimiento lento o lognormal de la señal deseada) y σ_I (que describe estadísticamente la aportación conjunta de todas las señales interferentes intra e intercelulares):

20

$$F_{\frac{NR-LN}{I}}[M_{(S/I)_0}(\text{dB}), K(\text{dB}), \sigma_N(\text{dB}), \sigma_I(\text{dB})] \quad (7)$$

25

El modo de comprobar la fidelidad de las probabilidades de corte obtenidas mediante (6) y (7) ha sido imponer la condición de que la desviación típica de la señal interferente σ_I es nula, con lo que el problema queda reducido al caso con interferencia para el que existen gráficas en la literatura.

30

Resolución del problema inverso:

El objetivo es obtener el margen $M_{(S/I)}$ (dB), que para unas condiciones estadísticas determinadas, hace que se cumpla una especificación de probabilidad de corte P_{corte} (QoS) dada. Para ello, partimos de las ecuaciones (6) y (7) que nos dan la probabilidad de corte para los casos de LOS y NLOS, de modo que se obtiene estas dos posibilidades:

$$P_{\text{corte}} = F_{\frac{R-LN}{I}}[M_{(S/I)}(dB), \sigma_N(dB), \sigma_I(dB)]$$

$$P_{\text{corte}} = F_{\frac{NR-LN}{I}}[M_{(S/I)}(dB), \sigma_N(dB), \sigma_I(dB)]$$

Para unificar criterios, generalizamos las anteriores expresiones del modo siguiente:

$$F[M_{(S/I)}(dB), m_I] = P_{\text{corte}} \quad (8)$$

Donde por m_I denotamos los momentos estadísticos de segundo orden que correspondan en cada caso. Dado que durante la iteración en la que se basa en método los valores de estos momentos estadísticos se mantienen constantes, a partir de ahora se considerará como única variable de F al margen $M_{(S/I)}$.

El método de Newton-Raphson (véase H.R. Schwarz, J. Waldvogel: "Numerical Analysis", John Wiley&Sons) ha sido escogido para resolver el problema que se plantea en la ecuación (8):

Definimos una función g , cuya variable sea el margen, del siguiente modo:

$$g[M_{(S/I)}(dB)] = F[M_{(S/I)}(dB)] - P_{\text{corte}} \quad (9)$$

El objetivo como puede deducirse de (8) y (9) es obtener los ceros de la función g . Para lo cual partiendo de un valor inicial para el margen $M_{(S/I)0}|_0$ aplicamos la expresión:

$$M_{(S/I)}|_1 = M_{(S/I)}|_0 - \frac{g[M_{(S/I)}|_0]}{g'[M_{(S/I)}|_0]} \quad (10)$$

Del mismo modo se calcula $M_{(S/I)}|_{i+1}$ en función de $M_{(S/I)}|_i$.

El proceso se da por terminado cuando la diferencia entre los dos últimos valores del margen hallados difieren en menos de un determinado valor que en este caso ha sido fijado en 10^{-4} .

La expresión (10) implica el cálculo de la derivada respecto del margen de las expresiones (6) y (7) pues de hecho teniendo en cuenta (9) es inmediato que:

$$g'[M_{(S/I)}(dB)] = F'[M_{(S/I)}(dB)]$$

Los valores del margen determinados por el método anterior deben ser corregidos por el factor correspondiente en caso de que se usen técnicas de diversidad o receptores RAKE (véase Don Torrieri: "Instantaneous and Local-Mean Power Control for Direct-Sequence CDMA Cellular Networks", U.S. Army Research Laboratory).

Centrándose ahora en la Figura 1, está representada en ella una parte de un sistema de comunicaciones móviles WCDMA (100). Aparte de la invención, los elementos mostrados en la figura son bien conocidos y no serán descritos en detalle. Así la estación base 102 incluye procesadores, memorias, tarjetas de interfaces y

programas de software embebidos. La figura contiene un RNC (Remote Network Controller, es decir, Controlador Remoto de Red) 101 que entre otras cosas proporciona el procesamiento de llamadas; dos estaciones base: 102, 103; y una estación móvil 104 que está representada mediante el icono del vehículo. Las dos estaciones base y la estación móvil son representativas de puntos finales del interfaz sin cable. Cada estación base está asociada con un RNC 101 a través de las líneas terrestres 105 y 108. En lo que sigue, se asume que la estación móvil 104 está en comunicación con la estación base 102 a través de la señal 107 del enlace descendente y de la 108 del enlace ascendente.

La Figura 2 presenta la parte de ambas estaciones (102 y 104) que incluye los principios en los que se basa esta invención. Los elementos que aparecen en la mencionada figura que no están relacionados con la invención son bien conocidos y no serán tratados. Tanto la estación base como la móvil contienen un controlador 201, un emisor 202 y un receptor 203. Así, en el caso de la estación base 102 la señal recibida corresponde al enlace ascendente 108 y en el caso de la móvil 104 la señal que recibe es la del enlace descendente 107, ambas llegan al controlador 201 a través del receptor 203. El sistema de control de potencia envía a través del emisor 202 un comando que indica a la otra estación que aumente o disminuya su potencia dependiendo del resultado del método de optimización que se describe a continuación y que fija la relación señal deseada-interferencia objetivo que actúa como umbral en el lazo cerrado del mismo sistema de control de potencia.

Uno de los componentes de este sistema de control de potencia es el lazo externo, para el que, como ya ha sido comentado, esta invención propone un nuevo método.

Los pasos que tienen lugar en el controlador 201 y que corresponden a este lazo externo, se detallan en la Figura 3.

5 De acuerdo con la invención, tanto la estación base 102 como la estación móvil 104 realizan una estimación de la relación señal deseada-interferencia recibida SIR_{rec} (véase Sáez Ruiz, Juan Carlos: ``Una Arquitectura Hardware para la Estimación de la Relación Señal a Interferencia en Sistemas WCDMA'', Department of Electrosience, Digital ASIC University of Luna), así como de los parámetros estadísticos propios de cada tipo de comunicación (véase Alí Abdi, Georgios B. Giannakis, Kaveh Mostaza: ``Estimation of Doppler spread and signal strength in mobile communications with applications to handoff and adaptative transmisión'', WIRELESS COMMUNICATIONS AND MOBILE COMPUTING 2001; 1:221-242 (DOI: 10.1002/WCM.1)). Para el caso NLOS se estiman: la desviación típica correspondiente al desvanecimiento lognormal de la señal deseada σ_n y la correspondiente a la distribución Gaussiana que describe las variaciones de las señales interferentes σ_i ; para el caso LOS además de los anteriores parámetros se estima el factor de RICE K . A continuación y para una probabilidad de corte dada (P_{Corte}) se obtiene, mediante el mencionado método iterativo de Newton-Raphson, el margen en dB necesario ara satisfacer la mencionada QoS. A partir del margen anterior se calcula la nueva relación señal deseada-interferencia objetivo SIR_{tgt} que será el umbral de referencia del lazo cerrado del mencionado sistema de control de potencia.

10

15

20

25

30

A continuación se ofrece una definición de todos los parámetros utilizados aunque algunos ya hayan sido

comentados:

σ_N = desviación típica del desvanecimiento lognormal de la señal deseada (en dB);

5 σ_I = desviación típica de la variable aleatoria gaussiana que describe las variaciones de las señales interferentes (en dB);

K = factor de Rice (en dB);

10 T_n = período del lazo externo durante el cual se estiman las características estadísticas del canal (en sg.);

P_{Corte} = probabilidad de corte deseada, en este caso define la calidad de servicio (QoS) del enlace;

$M_{(S/I)}|_0$ = valor inicial del margen de la SIR (en dB);

15 $M_{(S/I)}|_1$ = valor del margen en el anterior paso del proceso iterativo de Newton-Raphson (en dB);

$M_{(S/I)}|_{i+1}$ = valor actualizado del margen en el proceso iterativo de Newton-Raphson (en dB);

$g(x)$ = función cuyos ceros son las soluciones del método Newton-Raphson

20 $SIR_{tgt}|_n$ = valor estimado de la SIR objetivo en el período actual (en dB);

SIR_{max} = valor máximo permitido para la SIR del enlace considerado (en dB);

25 SIR_{min} = valor mínimo permitido para la SIR del enlace considerado (en dB);

Los pasos del método se definen a continuación utilizando como referencia los bloques de la Figura 3:

30 La estimación de la relación señal-interferencia SIR se realiza en el bloque 301 en el cual se encuentra la arquitectura hardware correspondiente. Durante el período T_n del lazo externo se estiman, en el bloque 302, los momentos estadísticos del segundo orden tomando siempre

como entrada la SIR ofrecida por el bloque 301; así para el caso NLOS se estiman σ_N y σ_I , y en caso de existencia de rayo directo (LOS) también el factor de Rice correspondiente.

5

10

El bloque 303 es el más representativo de la presente invención pues en él se aplica el método iterativo de Newton-Raphson que permite obtener el margen (en dB) que satisface la especificación de probabilidad de corte P_{Corte} para las características estadísticas estimadas en 302. Así partiendo de un valor inicial $M_{(S/I)}|_0$, se computa la función $g(M_{(S/I)}|_0)$ según (9) y aplicando (10) se van obteniendo nuevos valores del margen hasta que la diferencia entre los dos últimos valores $M_{(S/I)}|_0$ y $M_{(S/I)}|_{i+1}$ es menor que 10^{-4}

15

20

Obtenido el margen que se adapta a las condiciones del canal en el período T_n , en el bloque 304 se computa la SIR objetivo correspondiente a dicho margen y que llamamos $SIR_{tgt}|_n$. Para evitar que se sobrepasen los límites permitidos de la SIR se establecen las siguientes condiciones:

25

Si $SIR_{tgt}|_n > SIR_{tgt}|_{\max}$, en el bloque 305 se limita la SIR a ese valor máximo. Recíprocamente si $SIR_{tgt}|_n < SIR_{tgt}|_{\min}$, en el bloque 306 se limita la SIR a su valor mínimo.

30

En la figura 4 se representa a más alto nivel el método de la invención de la Figura 3, así el bloque 401 equivale al 301 de esta última figura, el 402 representa la funcionalidad descrita en el 302, el 403 (equivalente al 303) incluye el método iterativo de Newton-Raphson y

es llamado Controlador de Calidad del canal. Por último, las limitaciones de potencia tanto máxima como mínima han sido reunidas en el bloque 404 de la citada figura.

5 Verificación del nuevo método para el lazo externo de un sistema de control de potencia de un enlace WCDMA

10 En primer lugar se obtiene el resultado obtenido para el problema directo en los dos casos: LOS y NLOS, es decir, la probabilidad de corte P_{corte} , para un margen $M_{(S/I)}$ (dB) y para unos momentos estadísticos dados: σ_N (dB) y σ_I (dB) para el caso NLOS; para el caso LOS se toma como entrada la desviación típica resultante del desvanecimiento lognormal y la de la distribución
15 Gaussiana de las señales interferentes:

$$\sigma_{N-I}(\text{dB}) = \sqrt{\sigma_N^2 + \sigma_I^2},$$

20 Además del factor de Rice $K(\text{dB})$.

Una vez obtenido el valor de la probabilidad de corte, éste se utiliza como entrada del problema inverso, para el que se mantienen los mismos valores de los momentos estadísticos anteriores. De este modo, se deberá obtener
25 un valor para el margen $M_{(S/I)}$ (dB) similar al que se tomó como entrada en el caso del problema directo:

Problema directo para NLOS:

30 *Entrada:*

$$M_{(S/I)} = 20\text{dB}$$

$$\sigma_N = 4\text{dB}$$

$$\sigma_I = 4\text{dB}$$

Salida:

$$P_{\text{Corte}} = 0.0223$$

5 Problema inverso para NLOS:

Entrada:

$$P_{\text{Corte}} = 0.0223$$

$$\sigma_N = 4\text{dB}$$

10 $\sigma_I = 4\text{dB}$

Salida obtenida:

$$M_{(S/I)} = 20.0004\text{dB}$$

15 Problema directo para LOS:

Entrada:

$$M_{(S/I)} = 20\text{dB}$$

$$\sigma_{N-I} = 4\text{dB}$$

20 $K = 0\text{dB}$

Salida:

$$P_{\text{Corte}} = 0.0113$$

25 Problema inverso para LOS:

Entrada:

$$P_{\text{Corte}} = 0.0113$$

$$\sigma_{N-I} = 4\text{dB}$$

30 $K = 0\text{dB}$

Salida:

$$M_{(S/I)} = 19.9891dB$$

Como vemos para ambos casos (LOS y NLOS) la aproximación que ofrece el método de Newton-Raphson es muy precisa. El error cometido es del orden de $10^{-3}dB$.

El anterior diseño se ha empleado para describir los principios de la invención, no obstante otras alternativas, aunque no detalladas aquí pero que incorporen el mismo espíritu y fin, son posibles. Por ejemplo, aunque la invención ha sido aquí ilustrada mediante bloques funcionales discretos (por ejemplo el controlador 201), las funciones de cualquiera de estos bloques pueden ser llevadas a cabo usando uno o varios procesadores programados convenientemente.

Dada la generalidad de los modelos estadísticos considerados, la invención encuentra aplicación en sistemas por satélite (geoestacionarios o no geoestacionarios) terrestres, marítimos o aeronáuticos (véase G.E. Corazza, F.Vatalaro, "A Rice-Lognormal Terrestrial and Satellite Channel Model", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 43, no. 3, pp. 738-742, 1994). Estos modelos reproducen también las condiciones de propagación en interiores (véase Tadeusz A. Wysocki, Hans Jürgen Zepernick, "Characterization of the indoor radio propagation channel at 2.4GHz", 3-4 2000, Journal of Telecommunications and information Technology), con lo que la invención puede ser utilizada para el diseño y control de potencia de sistemas propios de ese entorno.

En la misma línea, la invención es aplicable para otros estándares aparte de WCDMA, así como para el control de potencia de cualquier señal recibida por las estaciones base o móvil.

En el campo de la simulación, la invención puede ser utilizada, como simulador de nivel de enlace, por las operadoras en la fase de planificación celular (véase Moreno González J.A., Miranda Sierra J.L., Eliseo Barandilla Torregrosa I., Lorca Hernando J., ``Simulador de enlaces para el sistema UMTS en modo FDD'', Telefónica Móviles España, Telefónica I+D).

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Todas las figuras, y todos los bloques incluídos en ellas, ya han sido descritos convenientemente a lo largo de la sección anterior por lo que en este apartado se ofrece una

Figura 1: muestra la parte de un sistema de comunicaciones móviles relacionada con los principios en los que se basa invención.

Figura 2: muestra la parte de una estación base o una estación móvil relacionada con la invención.

Figura 3: muestra el método de la invención, es decir, el correspondiente al lazo externo del sistema del control de potencia de una red celular basada en WCDMA.

Figura 4: muestra a más alto nivel el método de la invención, es decir, el correspondiente al lazo externo del sistema del control de potencia de una red celular basada en WCDMA.

REIVINDICACIONES

1. Método para el lazo externo del sistema de control de potencia de un sistema de comunicaciones móviles en una infraestructura celular, caracterizado por:

la recepción de una señal de la estación base o móvil; y

basándose en esa señal calcular la relación señal deseada-interferencia objetiva del lazo externo del sistema de control de potencia. El método incluye los pasos de:

estimar la relación señal deseada-interferencia de la señal recibida y

estimar los siguientes momentos estadísticos de la relación señal deseada-interferencia: desviación típica de la componente de desvanecimiento lento o lognormal, desviación típica de la distribución gaussiana que describe la variación estadística conjunta de todas las señales interferentes, y en caso de existencia de rayo directo entre emisor y receptor el factor de Rice, que es el cociente entre la componente determinística y la aleatoria de la señal deseada; y

basándose en los momentos estadísticos anteriores y en una especificación de probabilidad de corte calcular el margen de la relación señal deseada-interferencia mediante el método iterativo de Newton-Raphson; y
Basándose en el margen anterior obtener la relación señal deseada-interferencia objetivo del mencionado lazo externo.

2. Método según la reivindicación 1 en el que a partir de la aproximación numérica de la función distribución de probabilidad correspondiente a la relación señal deseada-interferencia de una comunicación sin rayo directo entre emisor y receptor, se aplica el método de Newton-Raphson para obtener el margen de la citada relación que satisface una especificación de probabilidad de corte, para unas condiciones estadísticas determinadas por la desviación típica de la componente de desvanecimiento lento o lognormal y la desviación típica de la distribución gaussiana que describe la variación estadística conjunta de todas las señales interferentes.

3. Método según la reivindicación 1 en el que a partir de la aproximación numérica de la función distribución de probabilidad correspondiente a la relación señal deseada-interferencia de una comunicación con una componente determinística no nula correspondiente a la existencia de rayo directo entre emisor y receptor, se aplica el método de Newton-Raphson para obtener el margen de la citada relación que satisface una especificación de probabilidad de corte, para unas condiciones estadísticas determinadas por la desviación típica de la componente de desvanecimiento lento o lognormal, la desviación típica de la distribución gaussiana que describe la variación estadística conjunta de todas las señales interferentes y el factor de Rice, que es el cociente entre la componente determinística y la aleatoria de la señal deseada.

4. Método según la reivindicación 2 en el que mediante la integración numérica de la función densidad de probabilidad correspondiente a la relación señal deseada-interferencia de una comunicación sin rayo directo entre emisor y receptor, se obtiene una expresión para la probabilidad de corte con unas condiciones estadísticas

determinadas (desviación típica de la componente de desvanecimiento lento o lognormal y desviación típica de la distribución gaussiana que describe la variación estadística conjunta de todas las señales interferentes) y de modo que la mencionada expresión de apta para la posterior aplicación del método Newton-Raphson descrito en esa misma reivindicación.

5. Método según la reivindicación 3 en el que mediante la integración numérica de la función densidad de probabilidad correspondiente a la relación señal deseada-interferencia de una comunicación con una componente determinística no nula correspondiente a la existencia de rayo directo entre emisor y receptor, se obtiene una expresión para la probabilidad de corte con unas condiciones estadísticas determinadas (desviación típica de la componente de desvanecimiento lento o lognormal, desviación típica de la distribución gaussiana que describe la variación estadística conjunta de todas las señales interferentes y el factor de Rice, que es el cociente entre la componente determinística y la aleatoria de la señal deseada) y de modo que la mencionada expresión es apta para la posterior aplicación del método de Newton-Raphson descrito en esa misma reivindicación.

6. Aparato para implementar el método del lazo externo del sistema de control de potencia de un sistema de comunicaciones móviles en una infraestructura celular según la reivindicación 1, caracterizado por:

un receptor que recibe la señal de la estación base o la estación móvil y

un procesador responsable de implementar un método para

el lazo externo del sistema de control de potencia,

donde el procesador estima los siguientes momentos estadísticos de la relación señal deseada-interferencia; desviación típica de la componente de desvanecimiento lento o lognormal, desviación típica de la distribución gaussiana que describe la variación estadística conjunta de todas las señales interferentes, y en caso de existencia de rayo directo entre emisor y receptor el factor de Rice, que es el cociente entre la componente determinística y la aleatoria de la señal deseada; basándose en los momentos estadísticos anteriores y en una especificación de probabilidad de corte calcula el margen de la relación señal deseada-interferencia mediante el método iterativo de Newton-Raphson; y a partir del margen anterior obtiene la relación señal deseada-interferencia objetivo del mencionado lazo externo.

7. Aparato según la reivindicación 6 que incluye además un emisor que envía a la estación base, en caso de que el aparato esté en la estación móvil, o a la estación móvil en caso de que el aparato esté en la estación base, la información de control de potencia.

8. Aparato según la reivindicación 6 donde el procesador calcula la relación señal deseada-interferencia mediante el método iterativo de Newton-Raphson, y que satisface una especificación de probabilidad de corte dada para unas condiciones estadísticas caracterizadas por los momentos estadísticos estimados.

Fig. 1

100

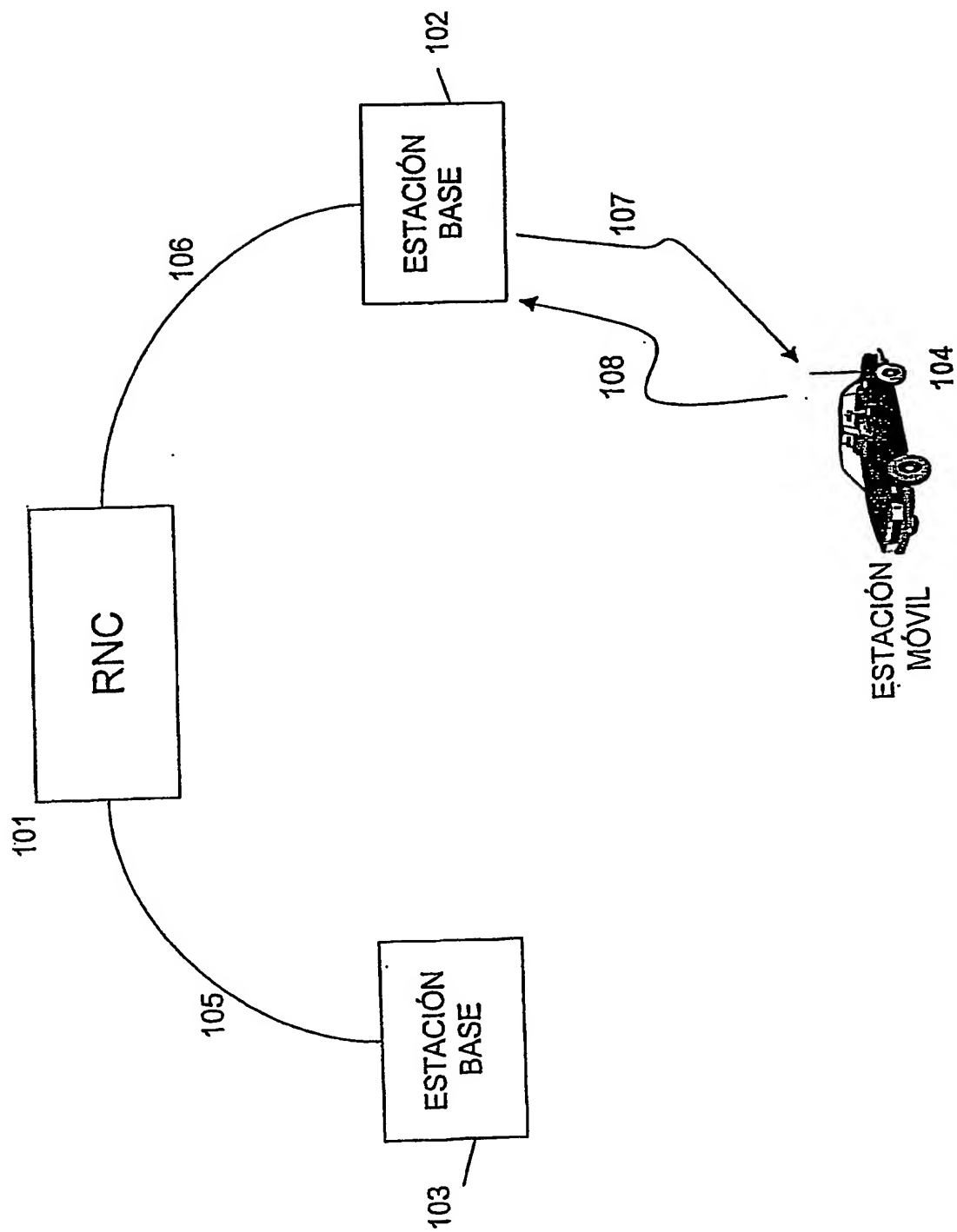
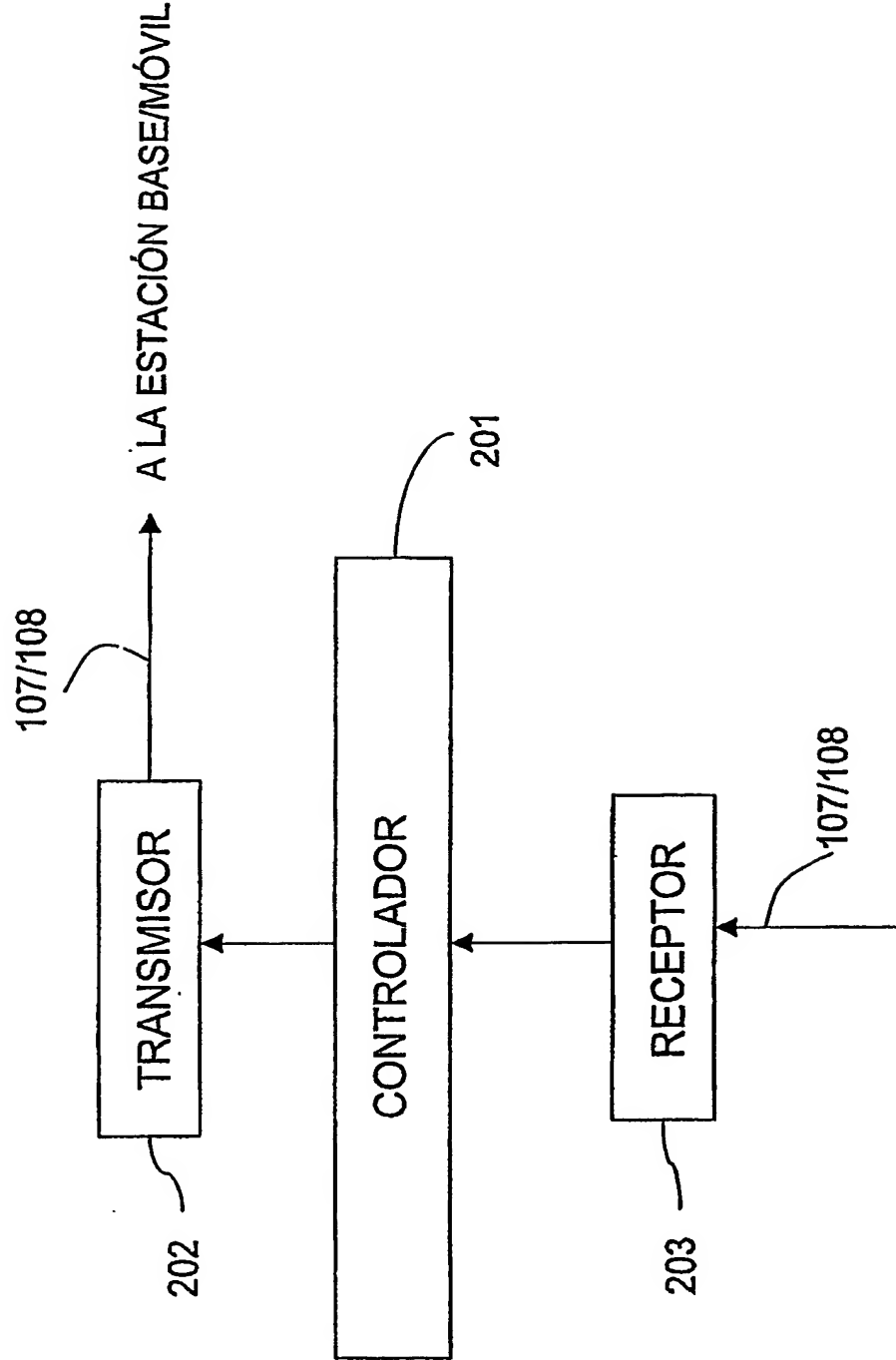
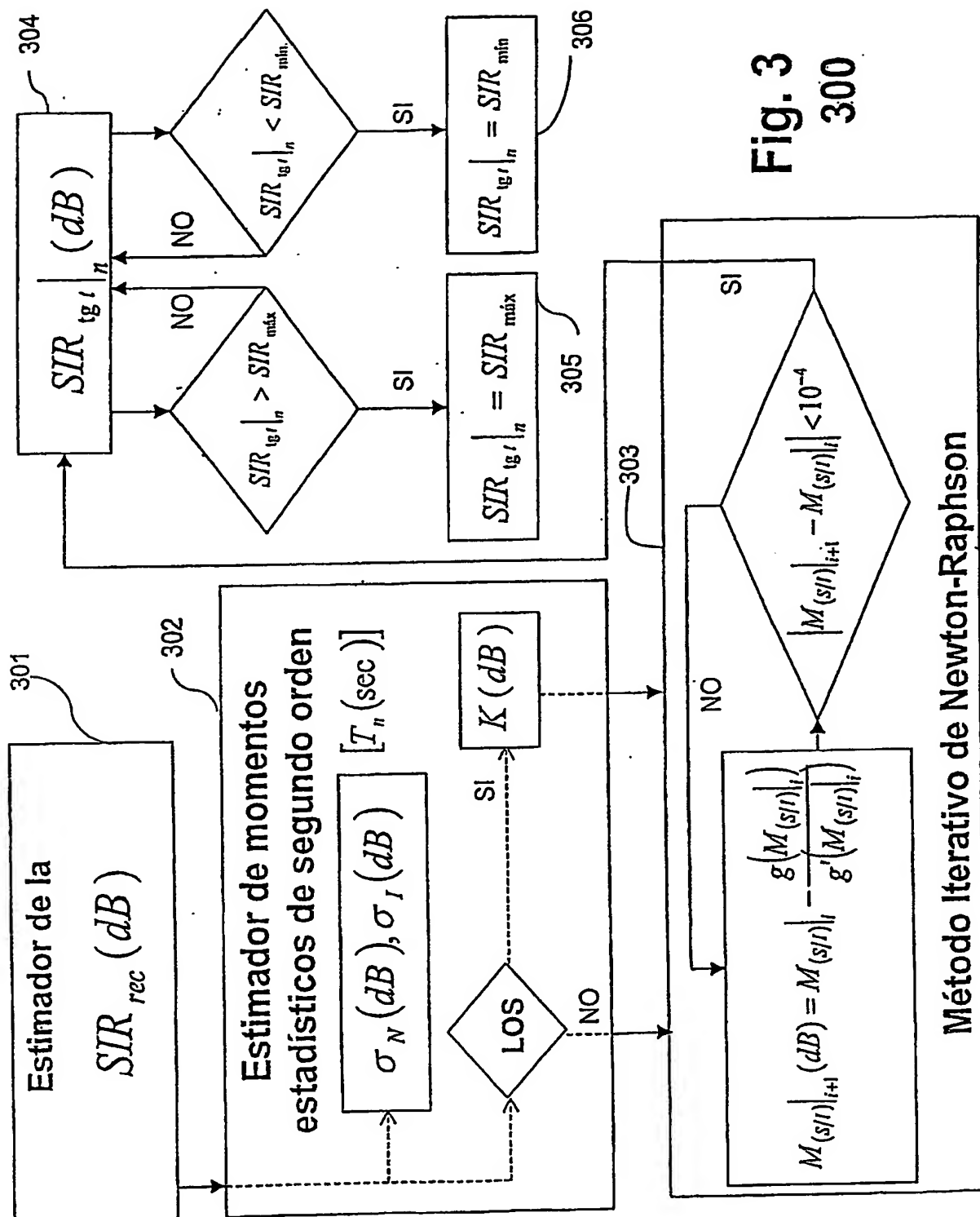
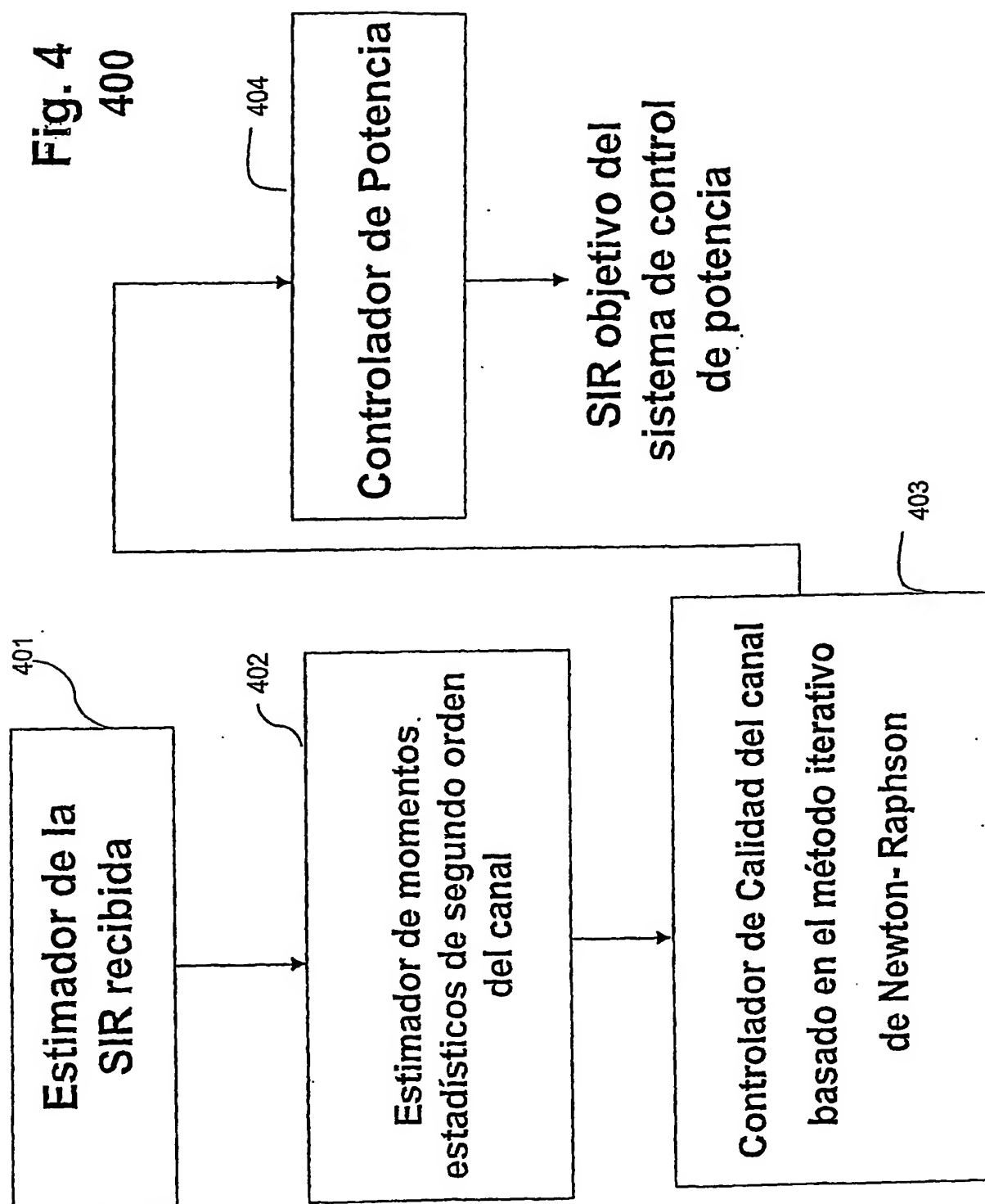


Fig. 2

200







INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES03/00630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04B7/005

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B+,H04Q+

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Proc. SPIE Vol. 4529, p. 57-68, Enabling Technologies for 3G and Beyond, Vijay K. Garg; Carl R. Nassar; Steve J. Shattil; Eds. Noviembre 2001. Chang et al.: "Novel Power Control Scheme for multimewdia CDMA transmission" Abstract	1 - 8
A	US 6219342 B1 (REGE) (17 Abril 2001) Column 2, line 39-Column 3, line 4 Column 3, line 18-Column 9, line 36 Figures 1, 2	1 - 8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 APRIL 2004 (22. 04. 2004)

Date of mailing of the international search report

30 APRIL 2004 (30. 04. 2004)

Name and mailing address of the ISA/

S.P.T.O.

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ ES03/00630

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 1, 1 Enero 2002. Kandukuri et al.: "Optimal Power Control in Interference-Limited Fading Wireless Channels with Outage-Probability Specifications" Pages 46-55	1 - 8
A	IEEE Trans. On Vehicular Technology , Vol. 45, No. 2, Mayo 1996. Zorzi M. "Power control and Diversity in Mobile Radio Cellular Systems in the presence of Ricean Fading and Log-Normal Shadowing" Pages 373-382	1 - 8
A	IEEE Trans. On Vehicular Technology , Vol. 44, No. 3, Agosto 1995. Q. T. Zhang. "Outage Probability of Cellular Mobile Radio in the Presence of Multiple Nakagami Interferers with Arbitrary Fading Parameters" Pages 661-667	1 - 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International Application No
PCT/ ES03/00630

Patent document cited in search report	Publication date	Patent familiy member(s)	Publication date
US-6219342-A	17.04.2001	NONE	

INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°
PCT/ ES03/00630

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP⁷ H04B7/005

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

1B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación, seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ H04B+,H04Q+

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)
CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	Proc. SPIE Vol. 4529, p. 57-68, Enabling Technologies for 3G and Beyond, Vijay K. Garg; Carl R. Nassar; Steve J. Shattil; Eds. Noviembre 2001. Chang et al.: "Novel Power Control Scheme for multimewdia CDMA transmission" *Resumen*	1 - 8
A	US 6219342 B1 (REGE) (17 Abril 2001) *Columna 2, línea 39 - Columna 3, línea 4* *Columna 3, línea 18 - Columna 9, línea 36* *Figuras 1,2*	1 - 8

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familia de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. 22.ABRIL.2004 (22.04.2004)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

30 ABR 2004

30.04.2004

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.

Funcionario autorizado
Marcos Pérez Formigó

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.
n° de fax +34 91 3495304

n° de teléfono + 34 914186689

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional n°

PCT/ ES03/00630

C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES		
Categoría	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones n°
A	IEEE Transactions on Wireless Communications, Vol. 1, No. 1, 1 Enero 2002. Kandukuri et al.: "Optimal Power Control in Interference-Limited Fading Wireless Channels with Outage-Probability Specifications" *Paginas 46-55*	1 - 8
A	IEEE Trans. On Vehicular Technology , Vol. 45, No. 2, Mayo 1996. Zorzi M. "Power control and Diversity in Mobile Radio Cellular Systems in the presence of Ricean Fading and Log-Normal Shadowing" *Paginas 373 - 382*	1 - 8
A	IEEE Trans. On Vehicular Technology , Vol. 44, No. 3, Agosto 1995. Q. T. Zhang. "Outage Probability of Cellular Mobile Radio in the Presence of Multiple Nakagami Interferers with Arbitrary Fading Parameters" *Paginas 661-667*	1 - 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Solicitud Internacional n°

PCT/ES03/00630

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
US-6219342-A	17.04.2001	NINGUNO	